

(12) NACH DEM VERtrag UBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VEROFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. März 2001 (29.03.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/22625 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H04B 10/18**

SCHEERER, Christian [DE/DE]; Ringstr. 4, D-81375 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE00/03256**

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. September 2000 (19.09.2000)

(81) Bestimmungsstaaten (national): CA, JP, US.

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

(30) Angaben zur Priorität:
199 45 143.5 21. September 1999 (21.09.1999) DE

Veröffentlicht:

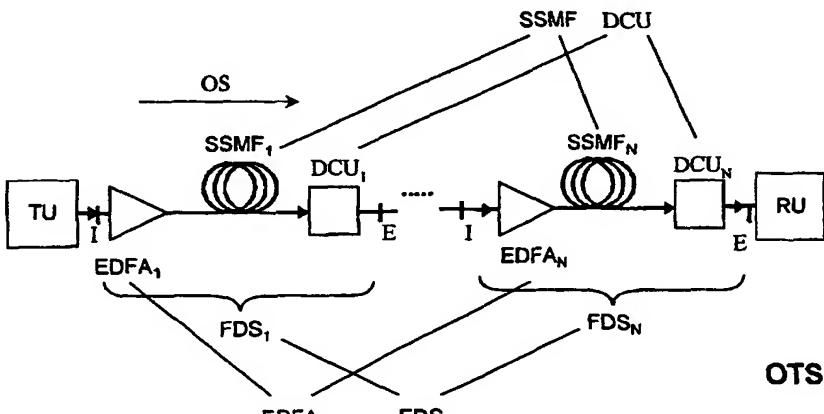
- Mit internationalem Recherchenbericht.
- Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Titel: OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM WITH DISPERSION COMPENSATION UNITS

(54) Bezeichnung: OPTISCHES UBERTRAGUNGSSYSTEM MIT DISPERSIONSKOMPENSATIONSEINHEITEN



WO 01/22625 A1

(57) Abstract: The invention comprises an optical transmission system (OTS) consisting of several lengths of optical fibre (FDS) each with one optical fibre (SSMF) and a dispersion compensation unit (DCF). The dispersion compensation units (DCF) compensate for the fibre dispersion (d) in each fibre length (FDS₁ to FDS₄) in such a way that the remaining residual dispersion (D_{rest}) per compensated fibre length (FDS₁ to FDS₄) approximates in each case to the same dispersion sum (ΔD).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein optisches Übertragungssystem (OTS) bestehend aus mehreren optischen Faserstreckenabschnitten (FDS) mit jeweils einer optischen Faser (SSMF) und einer Dispersionskompensationseinheit (DCF), bei dem Dispersionskompensationseinheiten (DCF) vorgesehen sind, die die Faserdispersion (d) von mehreren Faserstreckenabschnitten (FDS₁ bis FDS₄) derart kompensieren, dass die verbleibende Rest-Dispersion (D_{rest}) pro kompensierten Faserstreckenabschnitt (FDS₁ bis FDS₄) zumindest nahezu gleichmäßig um jeweils denselben Dispersionssummenwert (ΔD) ansteigt.



Beschreibung**OPTISCHES ÜBERTRAGUNGSSYSTEM MIT DISPERSIONSKOMPENSATIONSEINHEITEN**

- 5 Die Erfindung betrifft ein optisches Übertragungssystem bestehend aus mehreren optischen Faserstreckenabschnitten mit jeweils einer optischen Faser und einer Dispersionskompensationseinheit.
- 10 Bei allen optischen Übertragungssystemen mit hohen Daten- durchsatzraten, so auch bei nach dem WDM-Prinzip (Wavelength Division Multiplexing) arbeitenden Übertragungssystemen, werden durch die bei der Übertragung von optischen Signalen über optische Fasern auftretende chromatische Dispersion und die 15 Selbstphasenmodulation (SPM) Verzerrungen in dem zu übertragenden, optischen Datensignal hervorgerufen - siehe hierzu Grau und Freude: "Optische Nachrichtentechnik - Eine Einführung", Springer-Verlag, 3. Auflage, 1991, S.120-126.
- 20 Derartige Verzerrungen des zu übertragenden, optischen Datensignals sind unter anderem abhängig von der Eingangsleistung des optischen Datensignals. Des Weiteren wird durch derartige Verzerrungen die regenerationsfreie Übertragungsreichweite eines optischen Übertragungssystems bestimmt, d.h. die optische Übertragungsstrecke über die ein optisches Datensignal übertragen werden kann, ohne daß eine Regeneration bzw. "3R-Regeneration" (elektronische Datenregeneration hinsichtlich der Amplitude, Flanke und des Taktes eines optisch übermittelten, digitalen Datensignals bzw. Datenstromes) durchgeführt werden muß.
- 25
- 30

Um derartige Verzerrungen des optischen Datensignals zu kompensieren, werden bei der Übertragung von optischen Signalen über optische Standard-Monomodenfasern geeignete Dispersionskompensationseinheiten vorgesehen bzw. ein an die optische Übertragungsstrecke angepaßtes Dispersionsmanagement eingesetzt. Hierzu sind derartige optische Übertragungssysteme

überwiegend in mehrere optische Faserstreckenabschnitte unterteilt, in denen die jeweils in dem betrachteten optischen Faserstreckenabschnitt hervorgerufene Faserdispersion mit Hilfe einer Dispersionskompensationseinheit komplett oder 5 teilweise kompensiert wird.

Derartige Dispersionskompensationseinheiten sind beispielsweise als optische Spezialfasern ausgestaltet, bei denen durch eine spezielle Wahl des Brechzahlindexprofils im Faser-10 kern und den umliegenden Mantelschichten der optischen Faser die Dispersion bzw. Faserdispersion, insbesondere im 1550 nm Fenster sehr hohe negative Werte annimmt. Mit Hilfe der durch die dispersionskompensierende Faser hervorgerufenen, hohen negativen Dispersionswerte können die durch die optischen 15 Übertragungsfasern erzeugten Dispersionsbeiträge effektiv kompensiert werden. Zusätzlich ist die maximale Anzahl von optischen Faserstreckenabschnitten bzw. die regenerations-20 freie Reichweite des optischen Übertragungssystems durch das Augendiagramm ("eye-opening") des am Ausgang des jeweiligen optischen Faserstreckenabschnitts anliegenden optischen Datensignals bestimmt. Hierdurch ergibt sich eine maximale 25 Reichweite für eine regenerationsfreie Übertragung eines optischen Datensignals, die zusätzlich durch das optische Signal-Rausch-Verhältnisses des Übertragungsmediums bestimmt ist.

In bislang realisierten optischen Übertragungssystemen werden hierzu unterschiedliche Dispersionsmanagementkonzepte verfolgt, wobei die optimale Dispersionskompensation einer optischen Übertragungsstrecke durch Verwendung von vor- und/oder nachkompensierte bzw. unterschiedlich über- oder unterkompensierte optischen Faserstreckenabschnitten durchgeführt wird. Abhängig von der Faserdispersion kann damit eine bestimmte Entfernung regenerationsfrei übertragen werden.

35

Hierzu ist aus DER FERMELDE-INGENIEUR:

"Wellenlängenmultiplextechnik in zukünftigen photonischen

Netzen", A. Ehrhardt et. al., 53. Jahrgang, Heft 5 und 6, Mai/Juni 1999, S. 18-24 bekannt, daß das Systemoptimum zur Dispersionskompensation eines optischen Übertragungssystems bei einer Dispersionskompensation von unter 100 % erreicht werden kann. Des Weiteren geht aus der obengenannten Druckschrift hervor, daß die chromatische Faserdispersion zu einem bestimmten Teil durch Fasernichtlinearitäten selbst kompensiert werden kann.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht also darin, ein optisches Übertragungssystem der eingangs erwähnten Art derart auszustalten, daß die Dispersionskompensation verbessert wird und/oder die durch die Signalverzerrungen reduzierte, regenerationsfrei überbrückbare Übertragungsreichweite erhöht wird. Die Aufgabe wird ausgehend von den im Oberbegriff von Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen durch dessen kennzeichnende Merkmale gelöst.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein optisches Übertragungssystem gelöst, bei dem Dispersionskompensationseinheiten vorgesehen sind, die die Faserdispersion von mehreren Faserstreckenabschnitten derart kompensieren, daß die verbleibende Rest-Dispersion pro kompensierten Faserstreckenabschnitt zumindest nahezu gleichmäßig um jeweils denselben Dispersionsbetrag ansteigt. Vorteilhaft wird durch das erfindungsgemäße nahezu gleichmäßig verteilte Unterkompensieren über die einzelnen optischen Faserstreckenabschnitte im Vergleich zu bisherigen Systemen mit Vollkompensation eine nahezu Verdopplung der regenerationsfrei überbrückbaren Übertragungsreichweite ermöglicht, d.h. in den jeweiligen Faserstreckenabschnitten wird soweit unterkompensiert bis die verbleibende Rest-Dispersion einem Vielfachen des erfindungsgemäßen Dispersionsbetrag entspricht, wobei die Rest-Dispersion entlang der optischen Übertragungsstrecke pro Faserstreckenabschnitt jeweils um den Dispersionsbetrag zunimmt.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist das optische Übertragungssystem eine durch Fasernichtlinearitäten und die Faserdispersion hervorgerufene, akkumulierte Rest-Dispersion auf, die mit zunehmender Datenrate nahezu linear abnimmt - Anspruch 2. Der nichtlineare Effekt Selbstphasenmodulation und die Group Velocity Dispersion (GVD) sind die Ursache für die akkumulierte Rest-Dispersion am Ende des letzten Faserstreckenabschnitts der optischen Übertragungsstrecke. Sie sind bei vollkompensierten Faserstreckenabschnitten nahezu unabhängig von der Eingangsleistung des optischen Datensignals und beeinflussen sich gegenseitig, d.h. die Selbstphasenmodulation kann eine dispersionskompensierende Wirkung aufweisen. Des Weiteren nimmt mit zunehmender Datenrate die Group Velocity Dispersion in den optischen Fasern zu, während die Selbstphasenmodulation nahezu unverändert bleibt. Somit trägt die Selbstphasenmodulation (SPM) im optischen Übertragungssystem zur Dispersionskompensation bei, wobei die dispersionskompensierende Wirkung der Selbstphasenmodulation (SPM) mit zunehmender Datenrate hinsichtlich der Group Velocity Dispersion geringer wird, d.h. die akkumulierte Rest-Dispersion nimmt ab mit zunehmender Datenrate.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind die Dispersionskompensationseinheiten zur Kompensation der Faserdispersion von allen optischen Faserstreckenabschnitten vorgesehen - Anspruch 3. Nimmt auf vorteilhafte Weise in allen Faserstreckenabschnitten des optischen Übertragungssystems die Rest-Dispersion jeweils zumindest nahezu gleichmäßig um denselben Dispersionbeitrag zu, so kann die maximale regenerationsfrei überbrückbare Übertragungsreichweite realisiert werden.

Vorteilhaft weisen alle optischen Faserstreckenabschnitte des optischen Übertragungssystems nahezu dieselbe Länge auf - Anspruch 4, wobei zusätzlich die optischen Fasern der Faserstreckenabschnitte eine Mindestlänge von 20 Kilometern aufweisen - Anspruch 6. Bei einer Mindestlänge von ca. 20 Kilo-

metern besitzen die durch die Faserdispersion und die Fasernichtlinearitäten hervorgerufenen Signalverzerrungen nahezu den Maximalwert. Durch die Aufteilung des optischen Übertragungssystems in nahezu gleich lange optische Faserstreckenabschnitte, deren Anzahl durch die regenerationsfrei zu überbrückende optische Übertragungsstrecke und der akkumulierten Rest-Disperison bestimmt wird, kann durch eine einfache modulare Bauweise ein hinsichtlich der Dispersionkompensation und der regenerationsfrei überbrückbaren Übertragungsreichweite optimiertes optisches Übertragungssystem realisiert werden. Insbesondere kann durch den dadurch bedingten symmetrischen Aufbau das optische Übertragungssystem besonders vorteilhaft in einem bidirektionalen Betriebsmodus betrieben werden - Anspruch 7.

15

Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausbildungen des erfindungsgemäßen optischen Übertragungssystems sind in den weiteren Patentansprüchen beschrieben.

20 Die Erfindung soll im folgenden anhand eines Prinzipschaltbildes und zweier Diagramme näher erläutert werden.

Figur 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines optischen Übertragungssystems,

25 Figur 2 zeigt in einem Diagramm das erfindungsgemäße Dispersionmanagementschema und

Figur 3 zeigt in einem weiteren Diagramm die regenerationsfrei überbrückbare Anzahl der kompensierten Faserstreckenabschnitte in Abhängigkeit von der verteilten Unter- bzw. Überkompensation.

30 In Figur 1 ist ein optisches Übertragungssystem OTS schematisch dargestellt, das eine optische Sendeeinrichtung TU und eine optische Empfangseinrichtung RU aufweist. Die optische Sendeeinrichtung TU ist über N optische, jeweils einen Eingang I und einen Ausgang E aufweisende Faserstreckenabschnitte FDS₁ bis FDS_N mit der optischen Empfangseinrichtung RU

verbunden, die jeweils einen optischen Verstärker EDFA, eine optische Faser SSMF und eine optische Dispersionskompensationseinheit DCU aufweisen.

- 5 In Figur 1 sind beispielhaft ein erster und N-ter optischer Faserstreckenabschnitt FDS_1, FDS_N dargestellt, wobei ein zweiter bis N-1-ter Faserstreckenabschnitt FDS_2 bis FDS_{N-1} anhand einer punktierten Linie angedeutet sind. Des Weiteren besteht der erste optische Faserstreckenabschnitt FDS_1 aus einem ersten optischen Verstärker $EDFA_1$, einer ersten optischen Faser $SSMF_1$, beispielsweise einer optischen Standard-Single-Mode-Faser, sowie aus einer ersten optischen Dispersionskompensationseinheit DCU_1 , wobei zwischen der ersten optischen Faser $SSMF_1$ und der ersten optischen Dispersionskompensationseinheit DCU_1 noch ein optischer Vorverstärker - in Figur 1 nicht dargestellt - vorgesehen werden kann. Analog dazu weist der N-te optische Faserstreckenabschnitt FDS_N einen N-ten optischen Verstärker $EDFA_N$, eine N-te optische Faser $SSMF_N$ und eine N-te optische Dispersionskompensationseinheit DCU_N auf.
- 10 Analog kann auch hier zwischen N-ter optische Faser $SSMF_N$ und N-ter optischer Dispersionskompensationseinheit DCU_N ein weiterer optischer Vorverstärker - in Figur 1 nicht dargestellt - vorgesehen sein.
- 15
- 20
- 25 Das optische Datensignal bzw. der optische Datenstrom OS wird von der optischen Sendeeinrichtung TU zum Eingang I des ersten optischen Faserstreckenabschnitt FDS_1 übermittelt. Innerhalb des ersten optischen Faserstreckenabschnitts FDS_1 wird das optische Datensignal OS mit Hilfe des ersten optischen Verstärker $EDFA_1$ verstärkt und über die erste optische Faser $SSMF_1$ zur ersten Dispersionskompensationseinheit DCU_1 übertragen. In der ersten Dispersionskompensationseinheit DCU_1 werden die durch die optische Übertragung über die erste optische Faser $SSMF_1$ hervorgerufenen Signalverzerrungen des optischen Datensignals OS bis auf eine erste Rest-Dispersion D_{rest1} , die im Falle der ersten Dispersionskompensationseinheit DCU_1 dem erfindungsgemäßen Dispersionsbetrag ΔD ent-
- 30
- 35

spricht, kompensiert. Die festgelegte Rest-Dispersion D_{rest} ist ein durch die Anzahl N der optischen Faserstreckenabschnitte FDS festgelegter Bruchteil der akkumulierten Rest-Dispersion D_{akk} , der nahezu gleichmäßig mit jedem kompensierten Faserstreckenabschnitt FDS um nahezu denselben Dispersionsbetrag ΔD ansteigt.

Die akkumulierte Rest-Dispersion D_{akk} wird durch die Fasernichtlinearitäten und die Faserdispersion hervorgerufen und liegt am Ende des N-ten Faserstreckenabschnitts FDS_N vor. Außerdem wird die akkumulierte Rest-Dispersion D_{akk} aufgrund der für die Rückgewinnung der Daten aus dem optischen Datensignal OS geforderten Parametern für das Augendiagramm "eye-opening" am Ende des N-ten Faserstreckenabschnitts FDS_N nicht kompensiert. Somit ist das am Ausgang E des ersten optischen Faserstreckenabschnitts FDS_1 anliegende optische Datensignal OS nicht vollständig dispersionskompensiert, sondern unterkompensiert.

Analog dazu wird das optische Datensignal OS über die weiteren optischen Faserstreckenabschnitte FDS zum Eingang I des N-ten optischen Faserstreckenabschnittes FDS_N übertragen. Das am Eingang I des N-ten optischen Faserstreckenabschnittes FDS_N anliegende optische Datensignal OS wird mit Hilfe des N-ten optischen Verstärker $EDFA_N$ verstärkt und über die N-te optische Faser $SSMF_N$ zu der N-ten Dispersionkompensationseinheit DCU_N übermittelt. In der N-ten Dispersionkompensationseinheit DCU_N wird die von der N-ten optischen Faser $SSMF_N$ hervorgerufene Faserdispersion des optischen Datensignals OS teilweise kompensiert, woraus erkennbar ist, daß die Rest-Dispersion D_{rest} des optischen Datensignals OS nahezu gleichmäßig um den vorgegebenen Dispersionsbetrag ΔD ansteigt und nach der N-ten Dispersionkompensation der akkumulierten Rest-Dispersion D_{akk} entspricht. Das am Ausgang E des N-ten optischen Faserstreckenabschnitts FDS_N anliegende optische Datensignal OS wird zur optischen Empfangseinrichtung RU übertragen und gegebenenfalls vor der Weiterverarbeitung ei-

ner 3R - Regeneration unterzogen - nicht in Figur 1 dargestellt.

In Figur 2 ist beispielhaft ein erfindungsgemäßes Dispersion-
5 managementschema DCS anhand eines Diagramms schematisch dar-
gestellt. Daraus wird deutlich, daß sich das optische Über-
tragungssystem OTS erfindungsgemäß aus mehreren optischen Fa-
serstreckenabschnitten FDS zusammensetzt, die jeweils eine
10 optische Faser SSMF und eine Dispersionskompensationseinheit
DCF, beispielsweise eine dispersionskompensierende Faser,
aufweisen. Zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Dispersion-
managementschemas DCS ist die Anzahl der optischen Faser-
streckenabschnitte auf vier ($N=4$) beschränkt, so daß in Figur
15 2 sind ein erster, zweiter, dritter und vierter optischer Fa-
serstreckenabschnitt $FDS_1, FDS_2, FDS_3, FDS_4$ dargestellt sind, wo-
bei der erste optische Faserstreckenabschnitt FDS_1 eine erste
optische Faser $SSMF_1$ und eine erste optische Dispersionskom-
pensationseinheit DCF_1 , der zweite optische Faserstreckenab-
schnitt FDS_2 eine zweite optische Faser $SSMF_2$ und eine zweite
20 optische Dispersionskompensationseinheit DCF_2 , der dritte op-
tische Faserstreckenabschnitt FDS_3 eine dritte optische Faser
 $SSMF_3$ und eine dritte optische Dispersionskompensationsein-
heit DCF_3 und der vierte optische Faserstreckenabschnitt FDS_4
eine vierte optische Faser $SSMF_4$ und eine vierte optische
25 Dispersionskompensationseinheit DCF_4 aufweist. Hierbei ist
für das Dispersion managementschema DCS des Ausführungsbe-
spiels beispielsweise eine nahezu gleiche Länge für die erste
bis vierte optische Faser $SSMF_1$ bis $SSMF_4$ sowie für die erste
bis vierte dispersionskompensierende Faser DCF_1 bis DCF_4 ge-
30 wählt.

Das Diagramm weist eine horizontale (Abszisse) und eine ver-
tikale Achse (Ordinate) x, d auf, wobei durch die horizontale
Achse die Entfernung x von der optischen Sendeeinrichtung TU
35 bzw. die Reichweite der optischen Datenübertragung und durch
die vertikale Achse d die Faserdispersion d in der jeweiligen

optischen Faser SSMF bzw. in der dispersionskompensierenden Faser DCF dargestellt ist.

Anhand Figur 2 wird deutlich, daß die Faserdispersion eines am Eingang I des ersten optischen Faserstreckenabschnitts FDS₁ anliegenden optischen Datensignals OS von der optischen Sendeeinrichtung TU ($x=0$) entlang der ersten optischen Faser SSMF₁ linear ansteigt und am Ende der ersten optischen Faser x₁ einen ersten maximalen Dispersionsbetrag D_{max1} annimmt. Der erste maximale Dispersionsbetrag D_{max1} wird mit Hilfe der ersten Dispersionkompensationseinheit DCF₁ bzw. der ersten dispersionskompensierenden Faser teilweise kompensiert, d.h. am Ende der ersten dispersionskompensierenden Faser x₂ liegt eine erste Rest-Dispersion D_{rest1} vor, die am Ausgang E der ersten Dispersionkompensationseinheit DCF₁ dem Dispersions- betrag ΔD entspricht.

Durch die sich anschließende zweite optische Faser SSMF₂ nimmt die Faserdispersion d von der ersten Rest-Dispersion D_{rest1} bis zu einem zweiten maximalen Dispersionsbetrag D_{max2} zu, welcher am Ende der zweiten dispersionskompensierenden Faser x₃ vorliegt. Der zweite maximale Dispersionsbetrag D_{max2} wird mit Hilfe der zweiten Dispersionkompensationseinheit DCF₂ bzw. der zweiten dispersionskompensierenden Faser soweit kompensiert bis die zweite Rest-Dispersion D_{rest2} dem zweifachen des Dispersionsbetrags ΔD entspricht, d.h. die verbleibende Rest-Dispersion D_{rest} steigt gleichmäßig pro optischen Faserstreckenabschnitt FDS jeweils um den Dispersionsbetrag ΔD an. Somit liegt am Ende der zweiten dispersionskompensierenden Faser x₄ eine zweite Rest-Dispersion D_{rest2} vor, die am Ausgang E der zweiten Dispersionkompensationseinheit bzw. der zweiten dispersionskompensierenden Faser DCF₂ dem Zweifachen des Dispersionsbetrags ΔD entspricht.

Das von der zweiten dispersionskompensierenden Faser DCF₂ an die dritte optische Faser SSMF₃ übermittelte optische Daten- signal OS erfährt in der dritten optischen Faser SSMF₃ wie-

derum durch die Faserdispersion d hervorgerufene Signalverzerrungen, die am Ende der dritten optischen Faser x_5 einen dritten maximalen Dispersionsbetrag D_{max3} annehmen. Der dritte Dispersionsbetrag D_{max3} wird durch die dritte optische Dispersionskompensationseinheit DCF_3 derartig unterkompensiert, daß die verbleibende dritte Rest-Dispersion D_{rest3} dem Dreifachen des erfindungsgemäßen Dispersionsbetrages ΔD entspricht, d.h. die Rest-Dispersion D_{rest} nimmt am Ende der dritten dispersionskompensierenden Faser x_6 eine dritte Rest-Dispersion 10 D_{rest3} , die im Vergleich zur zweiten Rest-Dispersion D_{rest2} nochmals um den Dispersionsbetrag ΔD zugenommen hat.

Desweiteren wird das am Ausgang E der dritten dispersionskompensierenden Faser DCF_3 anliegende optische Datensignal OS an 15 die vierte und letzte optische Faser $SSMF_4$ des optischen Übertragungssystems OTS übermittelt. Anhand Figur 2 wird deutlich, daß die Faserdispersion d weiterhin zunimmt und am Ende der vierten optischen Faser x_7 einen vierten maximalen Dispersionsbetrag D_{max4} aufweist. Mit Hilfe der vierten Dispersionskompensationseinheit DCF_4 wird der vierte maximale Dispersionsbetrag D_{max4} auf den Betrag der akkumulierten Rest-Dispersion D_{akk} reduziert, welcher dem Vierfachen des erfindungsgemäßen Dispersionsbetrages ΔD entspricht. Somit weist 20 am Ende der optischen Übertragungsstrecke bzw. am Ende des vierten Faserstreckenabschnitts x_8 die verbleibende Rest-Dispersion D_{rest} des optischen Übertragungssystems OTS den Betrag der akkumulierten Rest-Dispersion D_{akk} auf.

Durch das erfindungsgemäße gleichmäßige "Aufteilen" der für 30 das jeweilige optische Übertragungssystem OTS berechneten bzw. geschätzten akkumulierten Rest-Dispersion D_{akk} auf eine festgelegte Anzahl von Faserstreckenabschnitte FDS wird die regenerationsfrei überbrückbare Übertragungsreichweite x_8 nahezu verdoppelt. Hierbei werden die Faserstreckenabschnitte 35 FDS des optischen Übertragungssystems, unabhängig von der Länge der jeweiligen optischen Faser $SSMF$, jeweils bis auf eine durch die akkumulierte Rest-Dispersion D_{akk} festgelegte

Rest-Dispersion D_{rest} unterkompensiert, wobei die Rest-Dispersion D von Faserstreckenabschnitt FDS₁ zu Faserstreckenabschnitt FDS₂ um jeweils denselben Dispersionsbetrag ansteigt.

5

Im Vergleich zu einem den jeweiligen Faserstreckenabschnitt FDS eines optischen Übertragungssystems OTS vollständig kompensierenden Dispersionsmanagementschema DCS kann durch das erfindungsgemäße Dispersionsmanagementschema DCS der verteilten Unterkompensation die regenerationsfrei überbrückbare Reichweite erheblich erhöht werden, welches zu einer Einsparung von kostenintensiven elektrischen 3R-Regenerationseinrichtungen führt.

15 Des Weiteren ist aufgrund des aus Figur 2 erkennbaren, symmetrischen Aufbaus des optischen Übertragungssystems OTS auf einfache Art und Weise eine bidirektionale Datenübertragung über die betrachteten Faserstreckenabschnitte FDS realisierbar.

20

Zusätzlich kann ein eine optische Faser SSMF und eine Dispersionskompensationseinheit DCF aufweisender Faserstreckenabschnitt FDS als optisches Übertragungsmodul M ausgestaltet sein. Somit kann das optische Übertragungssystem OTS durch 25 eine Serienschaltung derartiger optischer Übertragungsmodule M gebildet werden. Eine derartige modulare Bauweise erleichtert die Realisierung einer optischen Übertragungsstrecke bzw. Erweiterung einer bestehenden optischen Übertragungsstrecke in der Praxis erheblich.

30

Weiterhin ist die Verwendung der erfindungsgemäßen, verteilten Unterkompensation besonders vorteilhaft bei optischen Übertragungssystemen, die aufgrund der Datenübertragung mit Hilfe von mehreren Übertragungskanälen eine starke Kreuz-35 Phasen-Modulation (XPM) als hinsichtlich der regenerationsfrei überbrückbaren Übertragungsreichweiten limitierenden Effekt aufweisen. Diese starke Kreuz-Phasen-Modulation (XPM)

kann durch das erfindungsgemäße Vorsehen einer geringen, lokalen Rest-Disperison D_{rest} am Ende eines Faserstreckenabschnitts FDS unterdrücken werden. Somit wird durch die erfindungsgemäße verteilte Unterkompensation nicht nur die Selbstphasenmodulation (SPM) unterdrückt, sondern nahezu gleichzeitig der Einfluß der Kreuz-Phasen-Modulation (XPM) erheblich verringert.

In Figur 3 ist in einem weiteren Diagramm die regenerationsfrei überbrückbare Anzahl der kompensierten Faserstreckenabschnitte nfs in Abhängigkeit von der verteilten Unter- bzw. Überkompensation uoc für unterschiedliche Eingangsleistungen P4dBm, P6dBm, P9dBm, P12dBm, P15dBm des optischen Datensignals OS dargestellt.

Das weitere Diagramm weist eine horizontale (Abszisse) und eine vertikale Achse (Ordinate) uoc,nfs auf, wobei durch die horizontale Achse das zur Dispersionskompensation vorgesehene Schema "Unter- bzw. Überkompensation" des optischen Übertragungssystems OTS und durch die vertikale Achse nfs die Anzahl der kompensierten Faserstreckenabschnitte FDS des optischen Übertragungssystems OTS dargestellt ist. Daraus läßt sich erkennen, daß durch die erfindungsgemäße gleichmäßige Unterkompensation mehrerer Faserstreckenabschnitte FDS eine Erhöhung der regenerationsfrei überbrückbaren Übertragungsreichweite erzielen läßt. Die regenerationsfrei überbrückbare Übertragungsreichweite wird im weiteren Diagramm durch die Anzahl der kompensierten Faserstreckenabschnitte FDS des optischen Übertragungssystems OTS verdeutlicht.

Hierzu werden ein erstes bis fünftes optisches Datensignal OS1 bis OS5 einem optischen Test-Übertragungssystem OTS zugeführt, die jeweils eine unterschiedliche Eingangsleistung P aufweisen. Dabei weist das erste optische Datensignal OS1 eine Eingangsleistung von 4dBm, das zweite optische Datensignal OS2 eine Eingangsleistung von 6dBm, das dritte optische Datensignal OS3 eine Eingangsleistung von 9dBm, das vierte op-

tische Datensignal OS4 eine Eingangsleistung von 12dBm sowie das fünfte optische Datensignal OS5 eine Eingangsleistung von 15dBm auf.

- 5 Die Erhöhung der regenerationsfrei überbrückbaren Übertra-
gungsreichweite wird besonders an dem Kurvenverlauf für das
erste optische Datensignal OS1 deutlich, da das erste opti-
sche Datensignal OS1 bei einer Unterkompensation von ca. 0,5
km einer Standard-Einmodenfaser (SSMF) über nahezu 120 Faser-
10 streckenabschnitte FDS ohne Regeneration übertragen werden
kann. Hierbei wird der jeweilige Faserstreckenabschnitt FDS
jeweils durch die dispersionskompensierende Faser DCF soweit
kompensiert, daß eine Rest-Dispersion D_{rest} vorliegt, die ei-
nem unkompensierten optischen Faserstück der Länge eines hal-
15 ben Kilometers (0,5 km) entspricht.

Patentansprüche

1. Optisches Übertragungssystem (OTS) bestehend aus mehreren optischen Faserstreckenabschnitten (FDS) mit jeweils einer optischen Faser (SSMF) und einer Dispersionskompensationseinheit (DCF),
durch gekennzeichnet,
daß Dispersionskompensationseinheiten (DCF_1 bis DCF_4) vorgesehen sind, die die Faserdispersion (d) von mehreren Faserstreckenabschnitten (FDS_1 bis FDS_4) derart kompensieren, daß die verbleibende Rest-Dispersion (D_{rest}) pro kompensierten Faserstreckenabschnitt (FDS_1 bis FDS_4) zumindest nahezu gleichmäßig um jeweils denselben Dispersionsbetrag (ΔD) ansteigt.
- 15 2. Optisches Übertragungssystem nach Anspruch 1,
durch gekennzeichnet,
daß das optische Übertragungssystem (OTS) eine durch Fasernichtlinearitäten und die Faserdispersion (d) hervorgerufene, akkumulierte Rest-Dispersion (D_{akk}) aufweist, die mit zunehmender Datenrate nahezu linear abnimmt.
3. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
durch gekennzeichnet,
daß die Dispersionskompensationseinheiten (DCF_1 bis DCF_4) zur Kompensation der Faserdispersion (d) von allen optischen Faserstreckenabschnitten (FDS_1 bis FDS_4) vorgesehen sind.
- 30 4. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
durch gekennzeichnet,
daß alle optischen Faserstreckenabschnitte (FDS_1 bis FDS_4) des optischen Übertragungssystems (OTS) nahezu dieselbe Länge aufweisen.
- 35 5. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

15

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß ein eine optische Faser (SSMF₁) und eine Dispersionskom-
pensationseinheit (DCF₁) aufweisender Faserstreckenabschnitt
(FDS₁) ein optisches Übertragungsmodul (M) realisiert.

5

5. Optisches Übertragungssystem nach Anspruch 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß das optische Übertragungssystem (OTS) aus mehreren in Se-
rie angeordneten optischen Übertragungsmodulen (M) gebildet
10 werden kann.

6. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 1
bis 5,

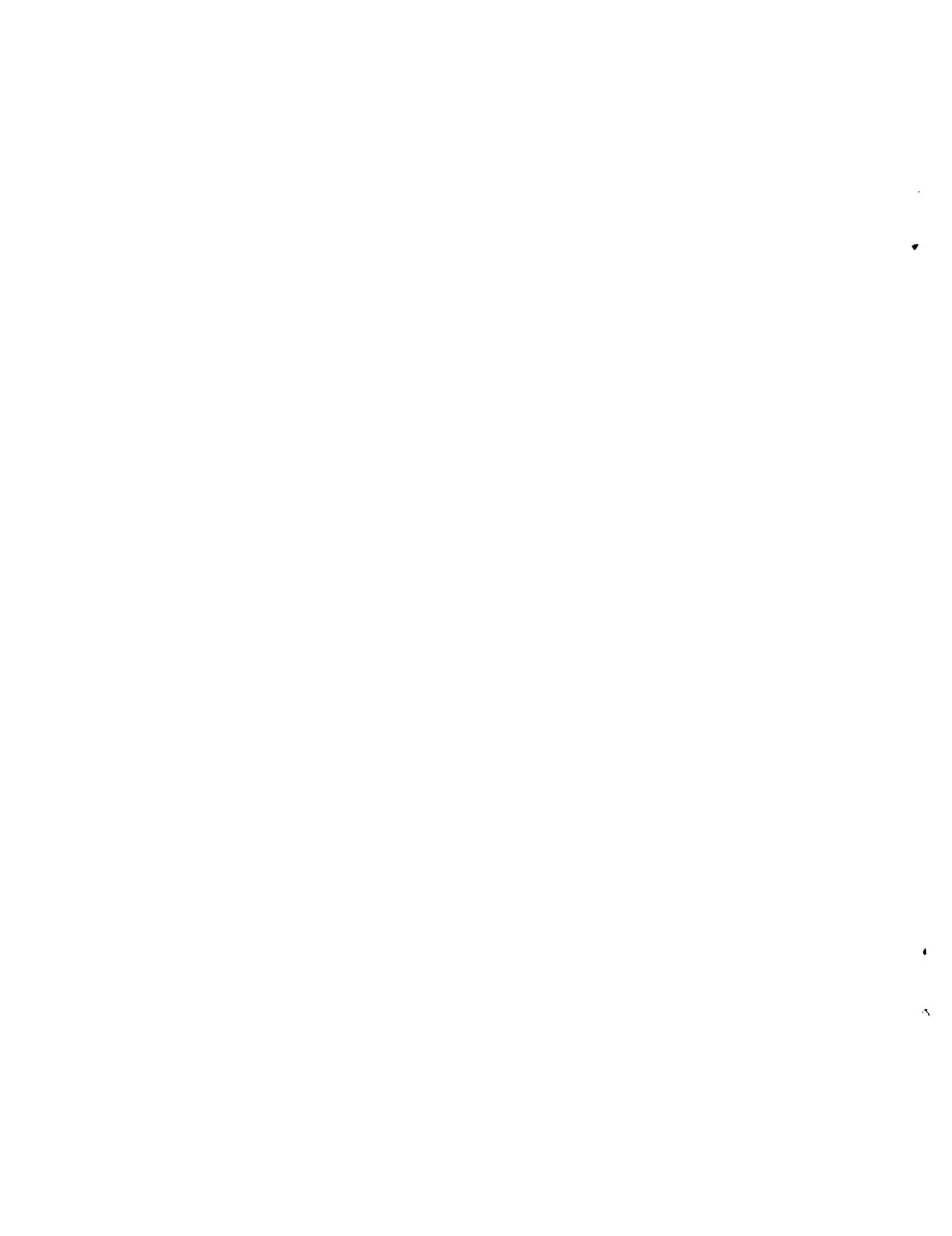
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

15 daß die optischen Fasern (SSMF) der Faserstreckenabschnitte
(FDS) eine Mindestlänge von 20 Kilometern aufweisen.

7. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 1
oder 6,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß das optische Übertragungssystem (OTS) einen bidirektiona-
len Betriebsmodus aufweist.

25



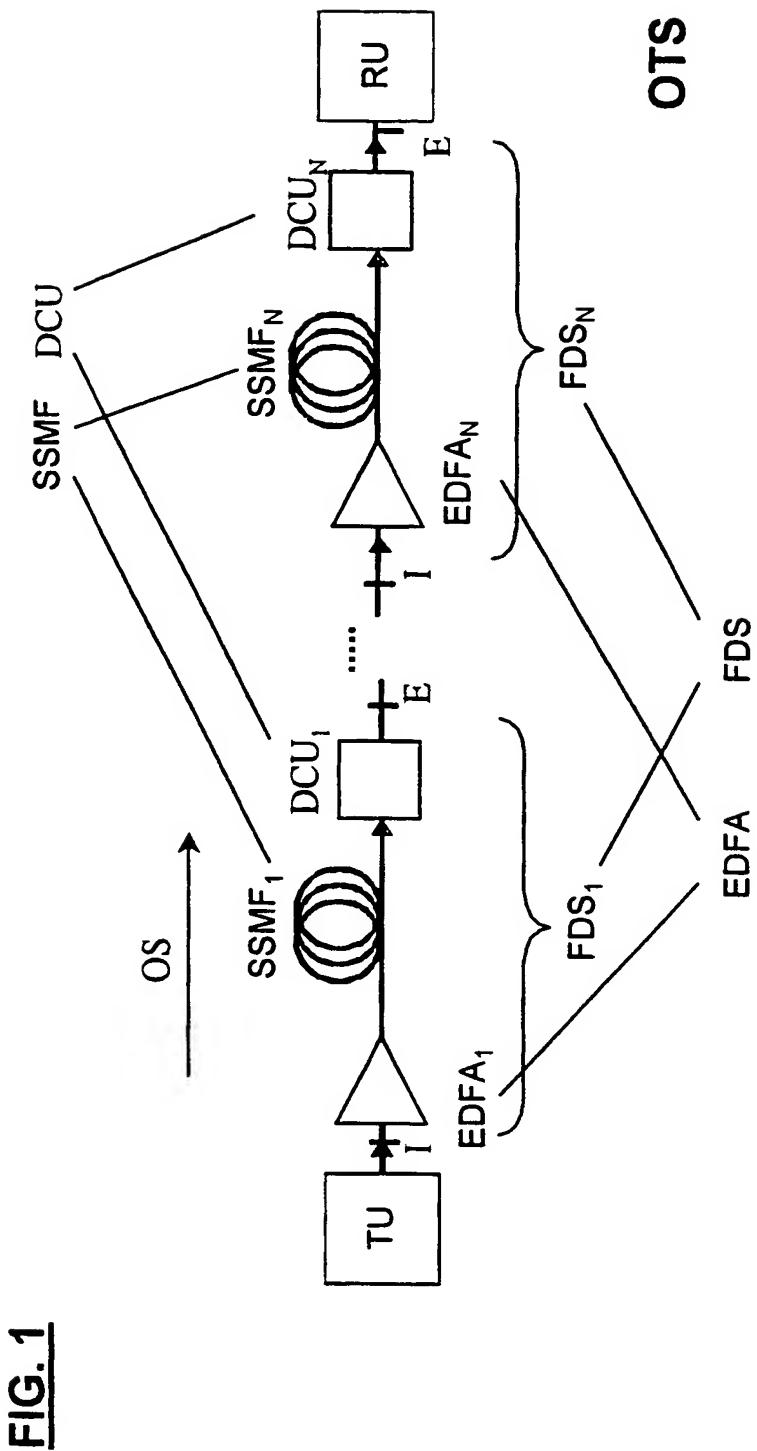
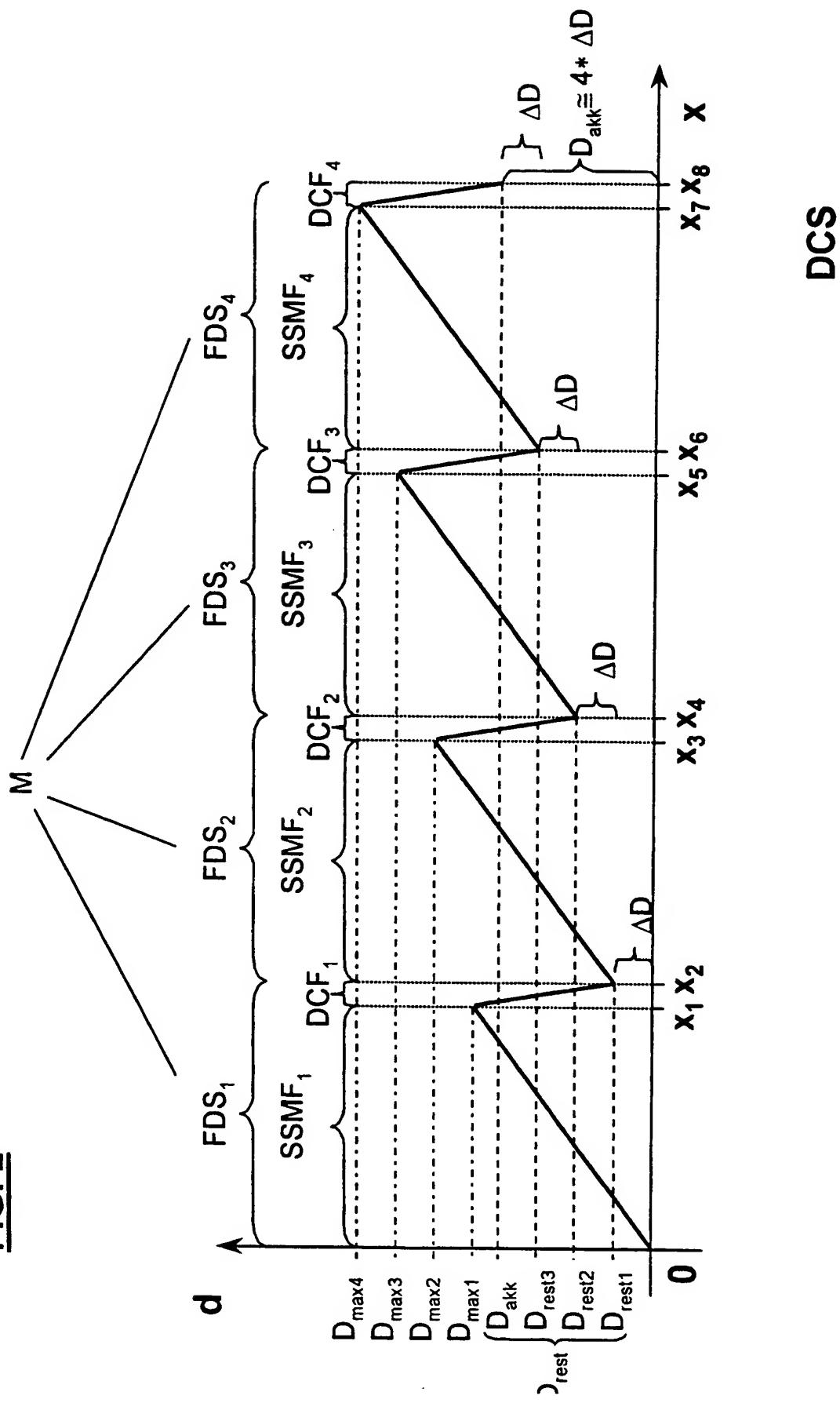




FIG. 2

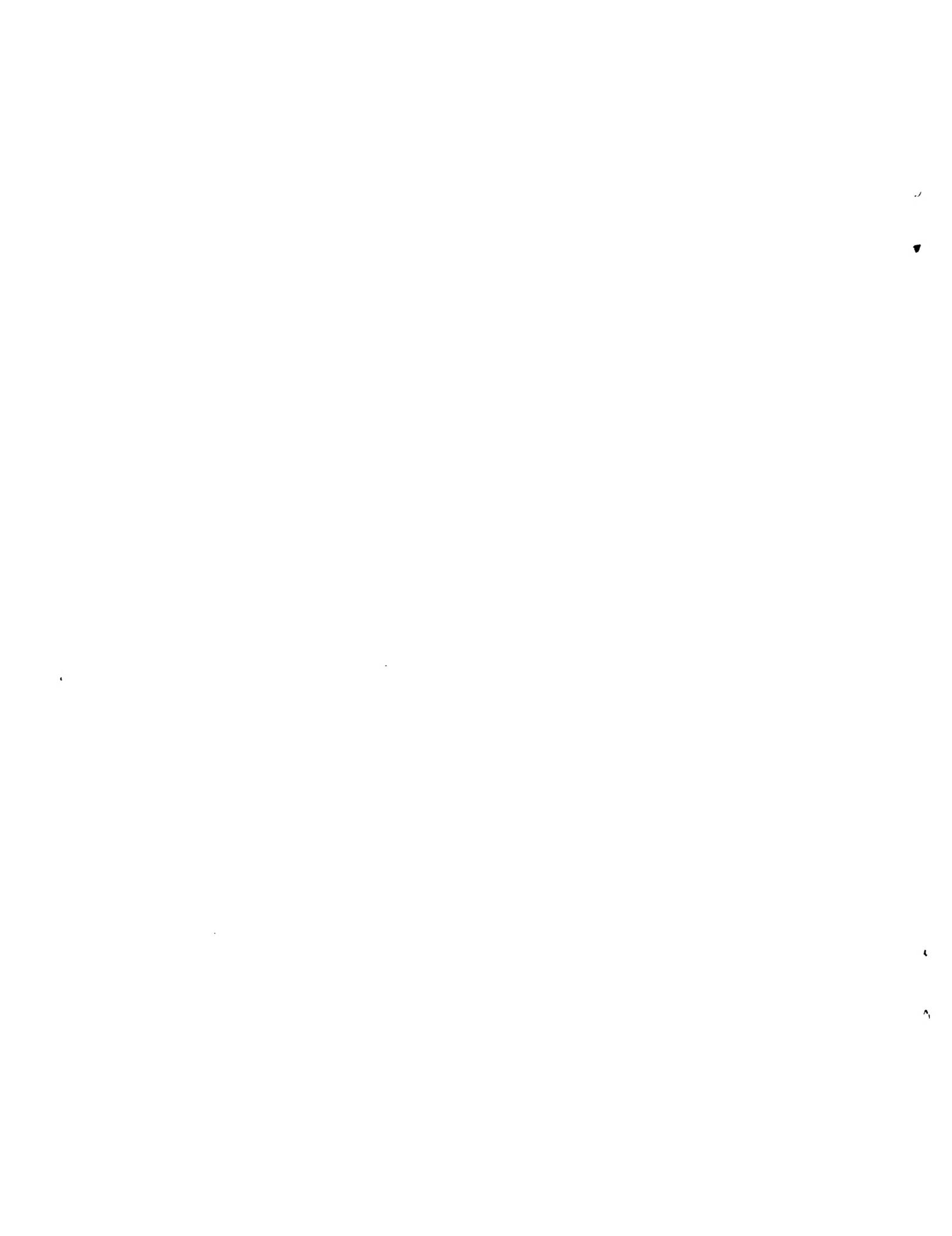
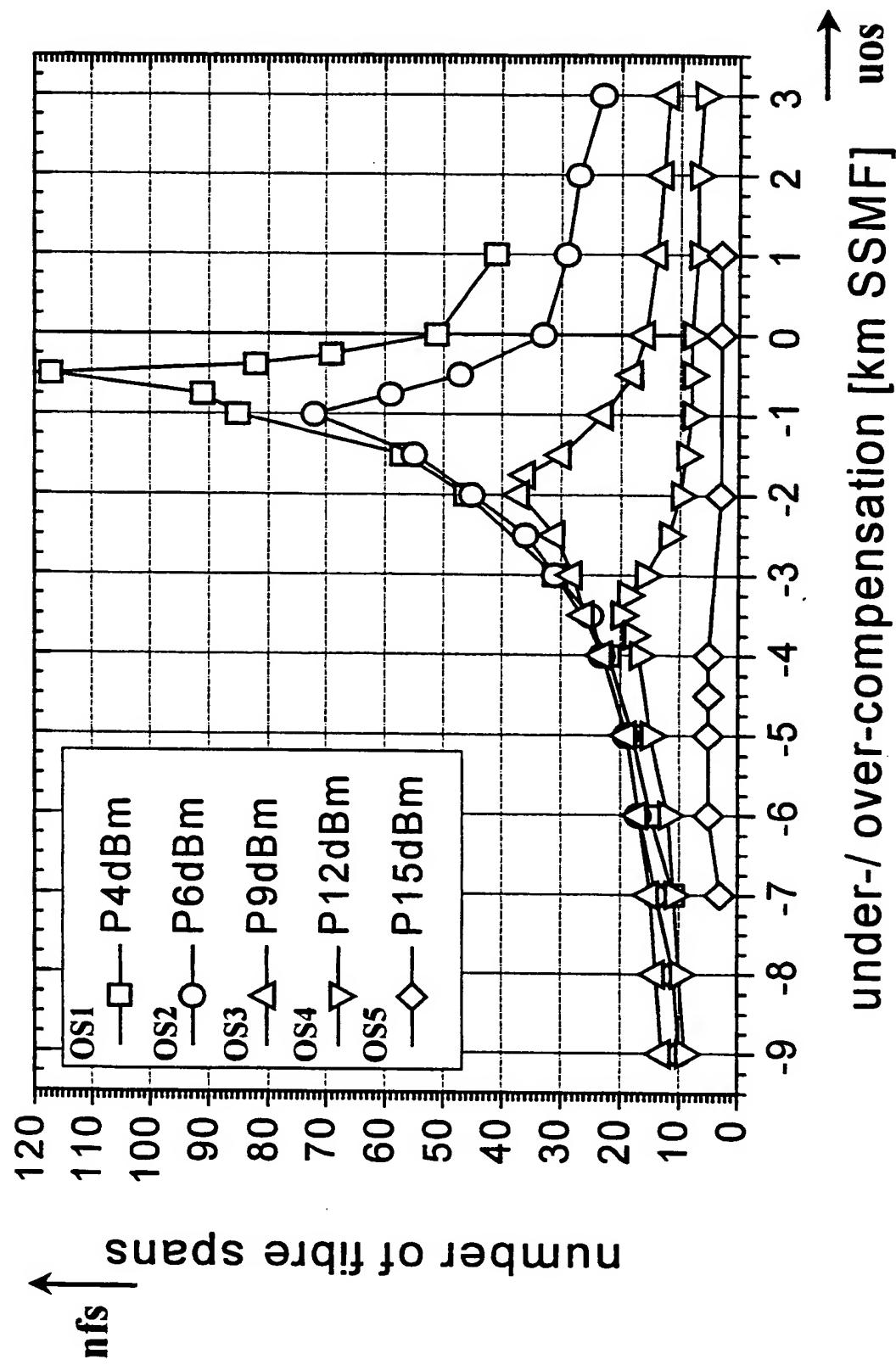
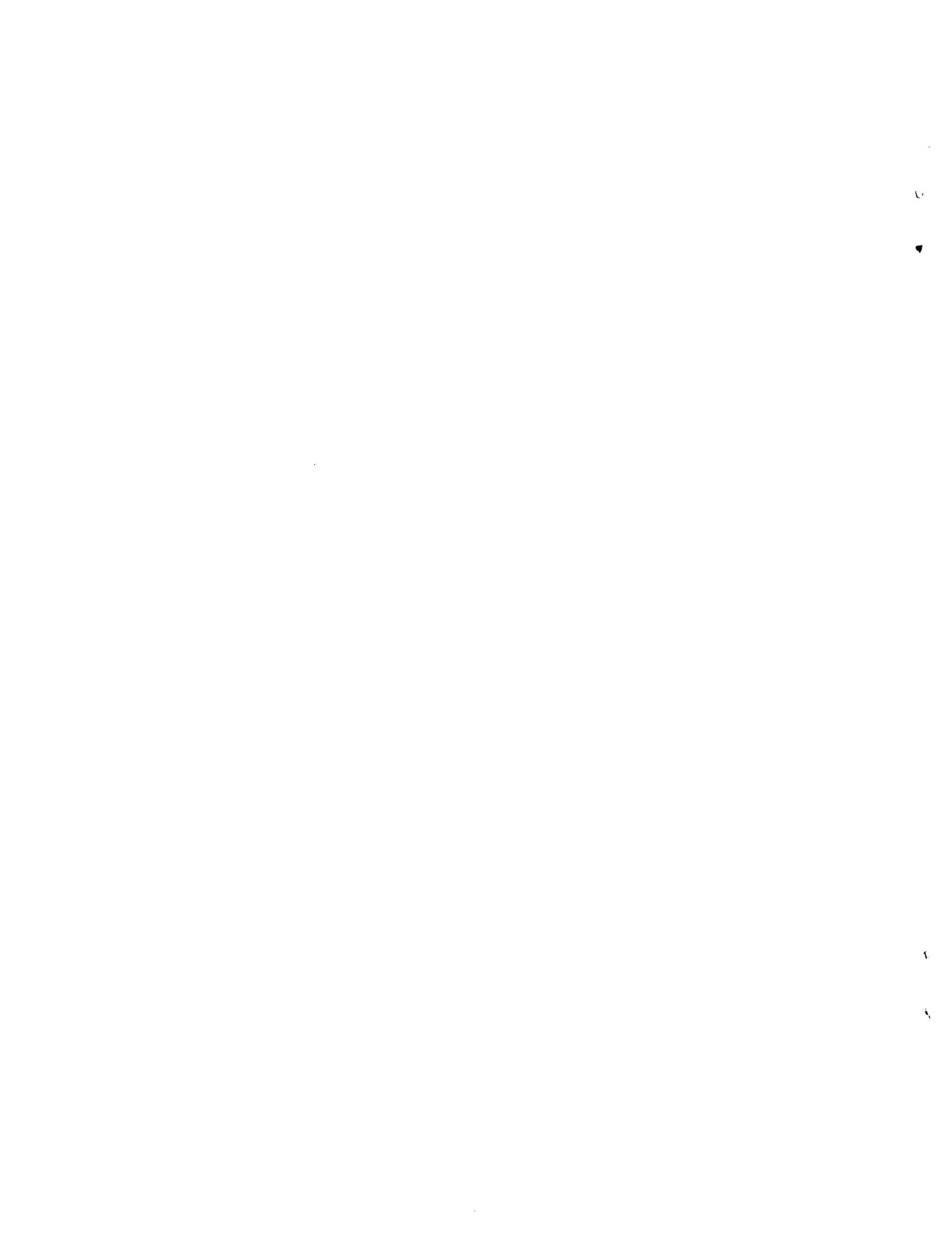


FIG. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/03256

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04B10/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	BIGO S ET AL: "320-GB/S (32 X 10 GB/S WDM) TRANSMISSION OVER 500 KM OF CONVENTIONAL SINGLE-MODE FIBER WITH 125-KM AMPLIFIER SPACING" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, US, IEEE INC. NEW YORK, vol. 10, no. 7, 1 July 1998 (1998-07-01), pages 1045-1047, XP000771749 ISSN: 1041-1135	1, 3-7
Y	page 1045, left-hand column, paragraphs 1,2	8
A	page 1045, right-hand column, paragraph 2 page 1046, left-hand column, paragraph 2 figures 1,2	2
Y	FR 2 766 998 A (KOKUSAI DENSHIN DENWA CO LTD) 5 February 1999 (1999-02-05) claim 1	8



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 January 2001

Date of mailing of the international search report

24/01/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Carrasco Comes, N

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int'l Application No

PCT/00/03256

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2766998 A	05-02-1999	JP 11055181 A US 6021235 A	26-02-1999 01-02-2000

INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/03256

A. KLASSEFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H04B10/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	BIGO S ET AL: "320-GB/S (32 X 10 GB/S WDM) TRANSMISSION OVER 500 KM OF CONVENTIONAL SINGLE-MODE FIBER WITH 125-KM AMPLIFIER SPACING" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, US, IEEE INC. NEW YORK, Bd. 10, Nr. 7, 1. Juli 1998 (1998-07-01), Seiten 1045-1047, XP000771749 ISSN: 1041-1135	1,3-7
Y A	Seite 1045, linke Spalte, Absätze 1,2 Seite 1045, rechte Spalte, Absatz 2 Seite 1046, linke Spalte, Absatz 2 Abbildungen 1,2 ---	8 2
Y	FR 2 766 998 A (KOKUSAI DENSHIN DENWA CO LTD) 5. Februar 1999 (1999-02-05) Anspruch 1 -----	8

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17. Januar 2001

24/01/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Carrasco Comes, N

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zu der Patentfamilie gehören

Inte _____ s Aktenzeichen

PCT/DE 00/03256

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 2766998 A	05-02-1999	JP 11055181 A US 6021235 A	26-02-1999 01-02-2000

Translation

PATENT COOPERATION TREATY

8/16/02
am

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

10/088668

Applicant's or agent's file reference 1999P02872WO	FOR FURTHER ACTION	See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)
International application No. PCT/DE00/03256	International filing date (day/month/year) 19 September 2000 (19.09.00)	Priority date (day/month/year) 21 September 1999 (21.09.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H04B 10/18		
Applicant SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.

2. This REPORT consists of a total of 5 sheets, including this cover sheet.

This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 7 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I Basis of the report
- II Priority
- III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV Lack of unity of invention
- V Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI Certain documents cited
- VII Certain defects in the international application
- VIII Certain observations on the international application

RECEIVED.
JUN 27 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

Date of submission of the demand 09 March 2001 (09.03.01)	Date of completion of this report 21 January 2002 (21.01.2002)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.



INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE00/03256

I. Basis of the report

1. With regard to the elements of the international application:*

 the international application as originally filed the description:

pages _____ 6-13 _____, as originally filed

pages _____, filed with the demand

pages _____ 1-5 _____, filed with the letter of 19 October 2001 (19.10.2001)

 the claims:

pages _____, as originally filed

pages _____, as amended (together with any statement under Article 19

pages _____, filed with the demand

pages _____ 1-6 _____, filed with the letter of 19 October 2001 (19.10.2001)

 the drawings:

pages _____ 1/3-3/3 _____, as originally filed

pages _____, filed with the demand

pages _____, filed with the letter of _____

 the sequence listing part of the description:

pages _____, as originally filed

pages _____, filed with the demand

pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the language, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

 the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)). the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)). the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

 contained in the international application in written form. filed together with the international application in computer readable form. furnished subsequently to this Authority in written form. furnished subsequently to this Authority in computer readable form. The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished. The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.4. The amendments have resulted in the cancellation of: the description, pages _____ 5 (in part) _____ the claims, Nos. _____ 7 _____ the drawings, sheets/fig _____5. This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.



I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.*):

Claim 1 is based on original Claims 1 and 4 and page 7, lines 2 to 6; page 10, lines 19 to 34; page 3, lines 25 to 35 and Figure 2. **Claims 2 to 6** are based on original Claims 3 and 5 to 7.



V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	6	YES
	Claims	1-5	NO
Inventive step (IS)	Claims		YES
	Claims	6	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-6	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

This report makes reference to the following documents:

- D1 BIGO S ET AL: "320-GB/S (32 X 10 GB/S WDM)
TRANSMISSION OVER 500 KM OF CONVENTIONAL
SINGLE-MODE FIBER WITH 125-KM AMPLIFIER
SPACING" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, US,
IEEE INC. NEW YORK, Vol. 10, no. 7, 1 July 1998
(1998-07-01), pages 1045-1047, ISSN: 1041-1135.
- D2 FR-A-2 766 998.

1. Novelty

a. D1 (cf. in particular page 1045, left-hand column, paragraph 1 to page 1046, left-hand column, paragraph 2 and Figures 1 and 2), considered to be the prior art closest to the subject matter of independent **Claim 1**, discloses

an optical transmission system comprising a fixed number (4) of optical fibre length sections (DCF, SMF) having virtually the same length (approximately 125 km) each with an optical fibre (SMF) and a dispersion compensation unit (DCF), wherein the dispersion compensation units (DCF) have virtually the same



compensation values (approx. 2000 ps/nm) that based on a calculated or estimated accumulated residual dispersion (approx. 800 ps/nm) is determined for under compensation distributed at least almost equally (e.g. for the top line in Figure 2 approximately $300 = 2600-2300$ ps/nm in the first length section) of the fibre dispersion of the fixed number of optical fibre length sections.

Due to the vague wording ("virtually ...") and because Claim 1 does not reproduce the difference between Figure 2 of the present application and Figure 2 of D1 (i.e. between under compensation of the fibre dispersion after passing through an optical fibre and "over" compensation before passing through the optical fibre, Claim 1 is implicit in D1.

The subject matter of **Claim 1** is thus not novel (PCT Article 33(2)).

b. Dependent **Claims 2 to 5** do not contain any features which, when combined with the features of the independent claim to which they refer, meet the PCT requirements concerning novelty, cf. D1, Figure 1.

2. **Inventive step**

Dependent **Claim 6** does not include any features, with respect to D2 (cf. Claim 1), which when combined with the features of present Claim 1, meet the PCT requirements concerning novelty and inventive step.

RECEIVED

JUN 27 2002

TECHNOLOGY CENTER 2800

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION
(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner
US Department of Commerce
United States Patent and Trademark
Office, PCT
2011 South Clark Place Room
CP2/5C24
Arlington, VA 22202
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 16 May 2001 (16.05.01)	To: Commissioner US Department of Commerce United States Patent and Trademark Office, PCT 2011 South Clark Place Room CP2/5C24 Arlington, VA 22202 ETATS-UNIS D'AMERIQUE in its capacity as elected Office
International application No. PCT/DE00/03256	Applicant's or agent's file reference 1999P02872WO
International filing date (day/month/year) 19 September 2000 (19.09.00)	Priority date (day/month/year) 21 September 1999 (21.09.99)
Applicant FÄRBERT, Andreas et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

09 March 2001 (09.03.01)

in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election was

was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer Antonia Muller
Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Telephone No.: (41-22) 338.83.38

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM
GEBIET DES PATENTENSSENS**

PCT

REC'D 24 JAN 2002

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

PCT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

5 T

Aktenzeichen des Annehmers oder Anwalts 1999P02872WO	WEITERES VORGEHEN	siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)
Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/03256	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 19/09/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 21/09/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK H04B10/18		
Annehmer SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.		

<p>1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Annehmer gemäß Artikel 36 übermittelt.</p> <p>2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).</p> <p>Diese Anlagen umfassen insgesamt 7 Blätter.</p>
<p>3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:</p> <ul style="list-style-type: none"> I <input checked="" type="checkbox"/> Grundlage des Berichts II <input type="checkbox"/> Priorität III <input type="checkbox"/> Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erforderliche Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit IV <input type="checkbox"/> Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung V <input checked="" type="checkbox"/> Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erforderlichen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung VI <input type="checkbox"/> Bestimmte angeführte Unterlagen VII <input type="checkbox"/> Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung VIII <input type="checkbox"/> Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 09/03/2001	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 21.01.2002
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Sinapius, G Tel. Nr. +49 89 2399 8170



**INTERNATIONALET VORLÄUFIGER
PRÜFUNGSBERICHT**

Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/03256

I. Grundlag des Berichts

1. Hinsichtlich der **B** standt ile der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):
Beschreibung, Seiten:

6-13 ursprüngliche Fassung

1-5 eingegangen am 22/10/2001 mit Schreiben vom 19/10/2001

Patentansprüche, Nr.:

1-6 eingegangen am 22/10/2001 mit Schreiben vom 19/10/2001

Zeichnungen, Blätter:

1/3-3/3 ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

**INTERNATIONALER VORLÄUFIGER
PRÜFUNGSBERICHT**

Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/03256

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- Beschreibung, Seiten: 5 (teilweise)
 Ansprüche, Nr.: 7
 Zeichnungen, Blatt:

5. Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

siehe Beiblatt

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche 6 Nein: Ansprüche 1-5
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche Nein: Ansprüche 6
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche 1-6 Nein: Ansprüche

2. Unterlagen und Erklärungen
siehe Beiblatt

Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

- D1: BIGO S ET AL: '320-GB/S (32 X 10 GB/S WDM) TRANSMISSION OVER 500 KM OF CONVENTIONAL SINGLE-MODE FIBER WITH 125-KM AMPLIFIER SPACING' IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, US, IEEE INC. NEW YORK, Bd. 10, Nr. 7, 1. Juli 1998 (1998-07-01), Seiten 1045-1047, ISSN: 1041-1135
- D2: FR-A-2 766 998

Zu Punkt I

Grundlage des Bescheides

Anspruch 1 basiert auf den ursprünglichen Ansprüchen 1 und 4 sowie Seite 7, Zeilen 2-6; Seite 10, Zeilen 19-34; Seite 3, Zeilen 25-35 und Fig. 2. **Ansprüch 2-6** basieren auf den ursprünglichen Ansprüchen 3 und 5-7.

Zu Punkt V

Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Neuheit:

a. Das Dokument D1 (vgl. insbesondere Seite 1045, linke Spalte, Absatz 1 - Seite 1046, linke Spalte Absatz 2 und Fig. 1 und 2), das als nächstliegender Stand der Technik für den Gegenstand des unabhängigen **Anspruchs 1** angesehen wird, offenbart

ein optischer Übertragungssystem bestehend aus einer festgelegten Anzahl (4) von nahezu dieselbe Länge (etwa 125 km) aufweisenden optischen Faserstreckenabschnitten (DCF, SMF) mit jeweils einer optischen Faser (SMF) und einer Dispersionskompensationseinheit (DCF), wobei die Dispersionskompensationseinheiten (DCF) nahezu gleiche Kompensationswerte (ca. - 2000 ps/nm) aufweisen, die ausgehend von einer berechneten oder geschätzten akkumulierten Restdispersion (ca. 800

ps/nm) für eine zumindest nahezu gleichmäßig verteilte Unterkompensation (z.B. für die obere Linie in Fig. 2 etwa $300 = 2600 - 2300$ ps/nm im ersten Streckenabschnitt) der Faserdispersion der festgelegten Anzahl von optischen Faserstreckenabschnitten bestimmt ist.

Wegen der vagen Formulierungen ("nahezu ...") und weil Anspruch 1 den Unterschied zwischen Fig. 2 der vorliegenden Anmeldung und Fig. 2 aus D1 (d.h. zwischen einer Unterkompensation der Faserdispersion nach Durchlaufen einer optischen Faser und einer "Über"kompensation vor Durchlaufen der optischen Faser) nicht wiedergibt, liest sich Anspruch 1 auf D1.

Der Gegenstand des **Anspruchs 1** ist somit nicht neu (Artikel 33 (2) PCT).

b. Die abhängigen **Ansprüche 2-5** enthalten keine Merkmale, die in Kombination mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs, auf den sie sich beziehen, die Erfordernisse des PCT in bezug auf Neuheit erfüllen, vgl. D1 Fig. 1.

2. **Erfinderische Tätigkeit:**

Der abhängige **Anspruch 6** enthält im Hinblick auf D2 (vgl. Anspruch 1) keine Merkmale, die in Kombination mit den Merkmalen des vorliegenden Anspruchs 1, die Erfordernisse des PCT in bezug auf erforderliche Tätigkeit erfüllen.

Beschreibung**Optisches Übertragungssystem**

5 Die Erfindung betrifft ein optisches Übertragungssystem bestehend aus **einer festgelegten Anzahl von nahezu dieselbe Länge aufweisenden** optischen Faserstreckenabschnitten mit jeweils einer optischen Faser und einer Dispersionskompensationseinheit.

10

Bei allen optischen Übertragungssystemen mit hohen Daten-durchsatzraten, so auch bei nach dem WDM-Prinzip (Wavelength Division Multiplexing) arbeitenden Übertragungssystemen, werden durch die bei der Übertragung von optischen Signalen über optische Fasern auftretende chromatische Dispersion und die Selbstphasenmodulation (SPM) Verzerrungen in dem zu übertragenden, optischen Datensignal hervorgerufen - siehe hierzu Grau und Freude: "Optische Nachrichtentechnik - Eine Einführung", Springer-Verlag, 3. Auflage, 1991, S.120-126.

15

Derartige Verzerrungen des zu übertragenden, optischen Datensignals sind unter anderem abhängig von der Eingangsleistung des optischen Datensignals. Desweiteren wird durch derartige Verzerrungen die regenerationsfreie Übertragungsreichweite eines optischen Übertragungssystems bestimmt, d.h. die optische Übertragungsstrecke über die ein optisches Datensignal übertragen werden kann, ohne daß eine Regeneration bzw. "3R-Regeneration" (elektronische Datenregeneration hinsichtlich der Amplitude, Flanke und des Taktes eines optisch übermittelten, digitalen Datensignals bzw. Datenstromes) durchgeführt werden muß.

20

Um derartige Verzerrungen des optischen Datensignals zu kompensieren, werden bei der Übertragung von optischen Signalen über optische Standard-Monomodenfasern geeignete Dispersionskompensationseinheiten vorgesehen bzw. ein an die optische Übertragungsstrecke angepaßtes Dispersionsmanagement einge-

setzt. Hierzu sind derartige optische Übertragungssysteme üb-
berwiegend in mehrere optische Faserstreckenabschnitte unter-
teilt, in denen die jeweils in dem betrachteten optischen Fa-
serstreckenabschnitt hervorgerufene Faserdispersion mit Hilfe
5 einer Dispersionskompensationseinheit komplett oder teilweise
komponiert wird.

Derartige Dispersionskompensationseinheiten sind beispiels-
weise als optische Spezialfasern ausgestaltet, bei denen
10 durch eine spezielle Wahl des Brechzahlindexprofils im Faser-
kern und den umliegenden Mantelschichten der optischen Faser
die Dispersion bzw. Faserdispersion, insbesondere im 1550 nm
Fenster sehr hohe negative Werte annimmt. Mit Hilfe der durch
die dispersionskompensierende Faser hervorgerufenen, hohen
15 negativen Dispersionswerte können die durch die optischen Ü-
bertragungsfasern erzeugten Dispersionsbeiträge effektiv kom-
pensiert werden. Zusätzlich ist die maximale Anzahl von opti-
schen Faserstreckenabschnitten bzw. die regenerationsfreie
Reichweite des optischen Übertragungssystems durch das Augen-
20 diagramm ("eye-opening") des am Ausgang des jeweiligen opti-
schen Faserstreckenabschnitts anliegenden optischen Datensig-
nals bestimmt. Hierdurch ergibt sich eine maximale Reichweite
für eine regenerationsfreie Übertragung eines optischen Da-
tensignals, die zusätzlich durch das optische Signal-Rausch-
25 Verhältnisses des Übertragungsmediums bestimmt ist.

In bislang realisierten optischen Übertragungssystemen werden
hierzu unterschiedliche Dispersionsmanagementkonzepte ver-
folgt, wobei die optimale Dispersionskompensation einer opti-
30 schen Übertragungsstrecke durch Verwendung von vor- und/oder
nachkompensierte bzw. unterschiedlich über- oder unterkom-
pensierte optischen Faserstreckenabschnitten durchgeführt
wird. Abhängig von der Faserdispersion kann damit eine be-
stimmte Entfernung regenerationsfrei übertragen werden.

35 Hierzu ist aus DER FERMELDE-INGENIEUR:
"Wellenlängenmultiplextechnik in zukünftigen photonischen

- Netzen", A. Ehrhardt et. al., 53. Jahrgang, Heft 5 und 6, Mai/Juni 1999, S. 18-24 bekannt, daß das Systemoptimum zur Dispersionskompensation eines optischen Übertragungssystems bei einer Dispersionskompensation von unter 100 % erreicht
- 5 werden kann. Desweiteren geht aus der obengenannten Druckschrift hervor, daß die chromatische Faserdispersion zu einem bestimmten Teil durch Fasernichtlinearitäten selbst kompensiert werden kann.
- 10 Außerdem ist aus der Veröffentlichung „320-Gb/s (32*10 Gb/s WDM) Transmission Over 500 km of Conventional Single-Mode Fiber with 125-km Amplifier Spacing“ von Bigo et. al., IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 10, No. 7, Juli 1998 ein optisches Übertragungssystem bekannt, daß aus mehreren optischen, nahezu dieselbe Länge aufweisenden Faserstreckenabschnitten mit jeweils einer optischen Faser (SMF) und einer dispersionskompensierenden Faser (DCF) besteht. Zur Erhöhung der Übertragungsreichweite von 32 optischen 10 Gb/s-Signalen wird eine gezielte Dispersionsüberkompensation am Anfang der
- 15 optischen Übertragungsstrecke sowie jeweils eine Dispersionsüberkompensation am Ende jeweils eines optischen Faserstreckenabschnitts mit Hilfe von dispersionskompensierten Fasern durchgeführt.
- 20 25 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht also darin, ein optisches Übertragungssystem der eingangs erwähnten Art derart auszustalten, daß die Dispersionskompensation verbessert wird und/oder die durch die Signalverzerrungen reduzierte, regenerationsfrei überbrückbare Übertragungsreichweite erhöht wird. Die Aufgabe wird ausgehend von den im Oberbegriff von Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen durch dessen kennzeichnende Merkmale gelöst.
- 30 35 Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein optisches Übertragungssystem gelöst, bei dem die Dispersionskompensationen in ihnen nahezu gleich Kompensationswert aufweisen, die ausgrende von in r berechnet n oder g schätzt n akkumulierten

Rest-Dispersion für die zumindest nahezu gleichmäßig verteilte Unterkompensation der Faserdispersion durch festgelegten Anzahl von Faserstreckenabschnitten bestimmt sind. Vorteilhaft wird durch das erfindungsgemäße nahezu gleichmäßig verteilte

- 5 Unterkompensieren über die einzelnen optischen Faserstreckenabschnitte im Vergleich zu bisherigen Systemen mit Vollkompensation eine nahezu Verdopplung der regenerationsfrei überbrückbaren Übertragungsreichweite ermöglicht, d.h. in den jeweiligen Faserstreckenabschnitten wird soweit unterkompensiert bis die verbleibende Rest-Dispersion einem Vielfachen des erfindungsgemäßen Dispersionsbetrags entspricht, wobei die Rest-Dispersion entlang der optischen Übertragungsstrecke pro Faserstreckenabschnitt jeweils um den Dispersionsbetrag zunimmt.

15

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist das optische Übertragungssystem eine durch Fasernichtlinearitäten und die Faserdispersion hervorgerufene, akkumulierte Rest-Dispersion auf, die mit zunehmender Datenrate nahezu linear

- 20 abnimmt — ~~Anspruch 2~~. Der nichtlineare Effekt Selbstphasenmodulation und die Group Velocity Dispersion (GVD) sind die Ursache für die akkumulierte Rest-Dispersion am Ende des letzten Faserstreckenabschnitts der optischen Übertragungsstrecke. Sie sind bei vollkompensierten Faserstreckenabschnitten
25 nahezu unabhängig von der Eingangsleistung des optischen Datensignals und beeinflussen sich gegenseitig, d.h. die Selbstphasenmodulation kann eine dispersionskompensierende Wirkung aufweisen. Des Weiteren nimmt mit zunehmender Datenrate die Group Velocity Dispersion in den optischen Fasern zu,
30 während die Selbstphasenmodulation nahezu unverändert bleibt. Somit trägt die Selbstphasenmodulation (SPM) im optischen Übertragungssystem zur Dispersionskompensation bei, wobei die dispersionskompensierende Wirkung der Selbstphasenmodulation (SPM) mit zunehmender Datenrate hinsichtlich der Group Velocity Dispersion geringer wird, d.h. die akkumulierte Rest-Dispersion nimmt ab mit zunehmender Datenrate.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind die Dispersionskompensationseinheiten zur Kompensation der Faserdispersion von allen optischen Faserstreckenabschnitten vorgesehen - Anspruch 2. Nimmt auf vorteilhafte Weise in allen

5 Faserstreckenabschnitten des optischen Übertragungssystems die Rest-Dispersion jeweils zumindest nahezu gleichmäßig um denselben Dispersionsbeitrag zu, so kann die maximale regenerationsfrei überbrückbare Übertragungsreichweite realisiert werden.

10

Vorteilhaft weisen alle optischen Faserstreckenabschnitte des optischen Übertragungssystems nahezu dieselbe Länge auf - ~~Anspruch 4~~

15 weisen - Anspruch 5. Bei einer Mindestlänge von ca. 20 Kilometern auf weisen - Anspruch 5. Bei einer Mindestlänge von ca. 20 Kilo-

20 metern besitzen die durch die Faserdispersion und die Fasernichtlinearitäten hervorgerufenen Signalverzerrungen nahezu den Maximalwert. Durch die Aufteilung des optischen Übertra-

25 gungssystems in nahezu gleich lange optische Faserstreckenab- schnitte, deren Anzahl durch die regenerationsfrei zu über- brückende optische Übertragungsstrecke und der akkumulierten Rest-Disperison bestimmt wird, kann durch eine einfache modu-

lare Bauweise ein hinsichtlich der Dispersionkompensation und der regenerationsfrei überbrückbaren Übertragungsreichweite

25 optimiertes optisches Übertragungssystem realisiert werden.

Insbesondere kann durch den dadurch bedingten symmetrischen Aufbau das optische Übertragungssystem besonders vorteilhaft eine bidirektionale Datenübertragung über die Faserstrecken- abschnitte realisiert werden - Anspruch 6.

30

Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausbildungen des erfindungsgemäßen optischen Übertragungssystems sind in den weiteren Patentansprüchen beschrieben.

Patentansprüche

1. Optisches Übertragungssystem (OTS) bestehend aus einer festgelegten Anzahl (N) von nahezu dieselbe Länge aufweisenden optischen Faserstreckenabschnitten (FDS₁ bis FDS₄) mit jeweils einer optischen Faser (SSMF₁ bis SSMF₄) und einer Dispersionskompensationseinheit (DCF₁ bis DCF₄), dadurch gekennzeichnet,
daß die Dispersionskompensationseinheiten (DCF₁ bis DCF₄) nahezu gleiche Kompensationswerte aufweisen, die ausgehend von einer berechneten oder geschätzten akkumulierten Rest-Dispersion (D_{akk}) für eine zumindest nahezu gleichmäßig verteilte Unterkompensation der Faserdispersion (d) der festgelegten Anzahl (N) von optischen Faserstreckenabschnitten (FDS₁ bis FDS₄) bestimmt sind.
2. Optisches Übertragungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß die Dispersionskompensationseinheiten (DCF₁ bis DCF₄) zur Kompensation der Faserdispersion (d) von allen optischen Faserstreckenabschnitten (FDS₁ bis FDS₄) vorgesehen sind.
3. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein eine optische Faser (SSMF₁) und eine Dispersionskompensationseinheit (DCF₁) aufweisender Faserstreckenabschnitt (FDS₁) ein optisches Übertragungsmodul (M) realisiert.
4. Optisches Übertragungssystem nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß das optische Übertragungssystem (OTS) aus mehreren in Serie angeordneten optischen Übertragungsmodulen (M) gebildet wird.

5. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die optischen Fasern (SSMF) der Faserstreckenabschnitte
5 (FDS) eine Mindestlänge von 20 Kilometern aufweisen.

6. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
10 daß eine bidirektionale Datenübertragung über die
Faserstreckenabschnitte (FDS₁ bis FDS₄) realisierbar ist.

15

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTSSENS**

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 1999P02872W0	WEITERES VORGEHEN	siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5
Internationales Aktenzeichen PCT/DE 00/ 03256	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 19/09/2000	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 21/09/1999
Anmelder SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 2 Blätter.

Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

- a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.
 - Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.
- b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das
 - in der internationalen Anmeldung in Schriftlicher Form enthalten ist.
 - zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
 - bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
 - bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
 - Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
 - Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. **Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen** (siehe Feld I).

3. **Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung** (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung

- wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.
- wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

OPTISCHES ÜBERTRAGUNGSSYSTEM MIT DISPERSIONSKOMPENSATIONSEINHEITEN

5. Hinsichtlich der Zusammenfassung

- wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.
- wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der Zeichnungen ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 1

- wie vom Anmelder vorgeschlagen
- weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.
- weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

keine der Abb.

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H04B10/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	BIGO S ET AL: "320-GB/S (32 X 10 GB/S WDM) TRANSMISSION OVER 500 KM OF CONVENTIONAL SINGLE-MODE FIBER WITH 125-KM AMPLIFIER SPACING" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, US, IEEE INC. NEW YORK, Bd. 10, Nr. 7, 1. Juli 1998 (1998-07-01), Seiten 1045-1047, XP000771749 ISSN: 1041-1135	1,3-7
Y	Seite 1045, linke Spalte, Absätze 1,2	8
A	Seite 1045, rechte Spalte, Absatz 2	2
	Seite 1046, linke Spalte, Absatz 2 Abbildungen 1,2	
Y	FR 2 766 998 A (KOKUSAI DENSHIN DENWA CO LTD) 5. Februar 1999 (1999-02-05) Anspruch 1	8

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- ° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
 A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
 E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist
 L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
 O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
 P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
 X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
 Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
 & Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
17. Januar 2001	24/01/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Carrasco Comes, N
---	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/03256

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2766998 A	05-02-1999	JP 11055181 A US 6021235 A	26-02-1999 01-02-2000

